



#3

Patent  
Attorney's Docket No. 019952-156

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of )  
Hideyuki TORII ) Group Art Unit: 2164  
Application No.: 09/819,815 ) Examiner: Unassigned  
Filed: March 29, 2001 )  
For: METHOD FOR ASSETS VARIATION )  
SIMULATION ASSETS )  
MANAGEMENT AND ITS SYSTEM, )  
AND PSEUDO RANDOM NUMBER )  
GENERATION METHOD USED IN )  
THE SIMULATION )

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-199275

Filed: June 30, 2000.

In support of this claim, enclosed is a certified copy of the prior foreign application. This application is referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of this certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: July 9, 2001

By: William C. LaBarre RN 30888, for  
James A. LaBarre  
Registration No. 28,632

P.O. Box 1404  
Alexandria, Virginia 22313-1404  
(703) 836-6620



(Translation of the front page  
of the priority document of  
Japanese Patent Application  
No. 2000-199275)

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of  
the following application as filed with this Office.

Date of Application : June 30, 2000

Application Number : Patent Application  
2000-199275

Applicant(s) : NUMERICAL TECHNOLOGIES KABUSHIKI KAISHA

May 11, 2001

Commissioner,

Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2001-3037569



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 6月30日

出願番号

Application Number:

特願2000-199275

出願人

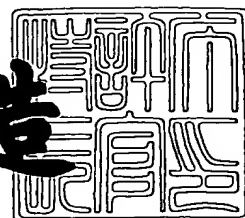
Applicant(s):

ニューメリカルテクノロジーズ株式会社

2001年 5月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3037569

【書類名】 特許願

【整理番号】 2000P0900

【提出日】 平成12年 6月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 17/00

【発明の名称】 資産管理における資産変動のシミュレーション方法及び  
そのシステム、該シミュレーションに使用される擬似乱  
数の生成方法

【請求項の数】 16

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都文京区本郷3丁目4番5号ボア本郷4階 ニュ  
    ーメリカルテクノロジーズ株式会社内

    【氏名】 鳥居 秀行

【特許出願人】

    【住所又は居所】 東京都文京区本郷3丁目4番5号ボア本郷4階

    【氏名又は名称】 ニューメリカルテクノロジーズ株式会社

    【代表者】 鳥居 秀行

【代理人】

    【識別番号】 100076428

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大塚 康德

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

    【識別番号】 100101306

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 丸山 幸雄

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

    【識別番号】 100115071

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康弘

【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 資産管理における資産変動のシミュレーション方法及びそのシステム、該シミュレーションに使用される擬似乱数の生成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも  $10^2$  を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするシミュレーション方法であって、

資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を、コンピュータにより生成する擬似乱数生成ステップと、

前記変動要素の少なくとも 1 次モーメントと 2 次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数をコンピュータにより調整する擬似乱数調整ステップと、

前記調整された擬似乱数を前記資産の変動要素の値として、資産の変動をコンピュータによりシミュレートするシミュレーションステップとを有することを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 2】 前記変動要素の一次モーメントである平均値は、資産収益率、又はマクロ経済要素の成長率、又は個別企業や債務者固有の業績見通しの期待成長率などを表わし、

前記変動要素の二次モーメントである標準偏差値は、資産変動率、又はマクロ経済要素の変動率、又は個別企業や債務者固有の変動要因などを表わすことを特徴とする請求項 1 記載のシミュレーション方法。

【請求項 3】 前記擬似乱数調整ステップでは、更に、3 次モーメント以上の高次モーメントの少なくとも一部が入力データと一致するように、擬似乱数を調整することを特徴とする請求項 1 記載のシミュレーション方法。

【請求項 4】 前記擬似乱数調整ステップでのモーメントの一致はモーメントのキャンセルを含むことを特徴とする請求項 1 又は 3 記載のシミュレーション方法。

【請求項 5】 前記擬似乱数調整ステップでの擬似乱数の調整は、対称変量

法及び／又は2次サンプリング法を含むことを特徴とする請求項1記載のシミュレーション方法。

【請求項6】 前記シミュレーションがモンテカルロ法であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1つに記載のシミュレーション方法。

【請求項7】 少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするシミュレーションシステムであって、

資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を生成する、コンピュータからなる擬似乱数生成手段と、

前記変動要素の少なくとも1次モーメントと2次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数を調整する、コンピュータからなる擬似乱数調整手段と、

前記調整された擬似乱数を前記資産の変動要素の値として、資産の変動をシミュレートする、コンピュータからなるシミュレーション手段とを有することを特徴とするシミュレーションシステム。

【請求項8】 前記擬似乱数調整手段は、更に、3次モーメント以上の高次モーメントの少なくとも一部が入力データと一致するように、前記発生する擬似乱数を調整することを特徴とする請求項7記載のシミュレーションシステム。

【請求項9】 前記擬似乱数調整手段は、対称変量法及び／又は2次サンプリング法を含むモーメントマッチングを行うことを特徴とする請求項7又は8記載のシミュレーションシステム。

【請求項10】 前記シミュレーションがモンテカルロ法であることを特徴とする請求項7乃至9のいずれか1つに記載のシミュレーションシステム。

【請求項11】 少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするプログラムをコンピュータ読出し可能に記憶する記憶媒体であって、

資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均

等分布性を有するような擬似乱数を、コンピュータにより生成するための第 1 プログラムモジュールと、

前記変動要素の少なくとも 1 次モーメントと 2 次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数をコンピュータにより調整するための第 2 プログラムモジュールと、

前記調整された擬似乱数を前記資産の変動要素の値として、資産の変動をコンピュータによりシミュレートするための第 3 プログラムモジュールとを有することを特徴とする記憶媒体。

【請求項 1 2】 前記第 2 プログラムモジュールは、対称変量法及び／又は 2 次サンプリング法を行うプログラムを含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の記憶媒体。

【請求項 1 3】 前記シミュレーションがモンテカルロ法であることを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の記憶媒体。

【請求項 1 4】 少なくとも  $10^2$  を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするモンテカルロ法で使用される擬似乱数の生成方法であって、

資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を、コンピュータにより生成する擬似乱数生成ステップと、

前記変動要素の少なくとも 1 次モーメントと 2 次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数をコンピュータにより調整する擬似乱数調整ステップとを有することを特徴とする擬似乱数の生成方法。

【請求項 1 5】 前記擬似乱数調整ステップでは、更に、3 次モーメント以上の高次モーメントの少なくとも一部が入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数を調整することを特徴とする請求項 1 4 記載の擬似乱数の生成方法。

【請求項 1 6】 前記擬似乱数調整ステップでの擬似乱数の調整は、対称変量法及び／又は 2 次サンプリング法を含むことを特徴とする請求項 1 4 記載の擬



似乱数の生成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするシミュレーション方法及びそのシステム、該シミュレーションに使用される擬似乱数の生成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産変動のシミュレーションが行われるようになって来た。例えば、金融機関におけるリスク管理や経営のリソースの配分のためのV a Rの解析などのためには、数万から数十万次元の相互に関連した変動要素に基づくシミュレーションが日常的に必要となる。

【0003】

このようなシミュレーション手法の中でモンテカルロ法はよく知られた方法であり、確率論的事象を乱数を使って模擬的に創り出すことで近似解を求める方法である。そのため、変動要素が高次元の場合にシミュレーション結果の収束が遅いと、膨大な繰り返し演算が必要である。昨今のコンピュータの演算速度の急速な進歩により、このような膨大な繰り返し演算も実用化が可能にはなってきたが、まだ多くの点で克服すべき課題がある。その最大の課題は解の収束性、すなわち解が所定の精度内に収束するまでのシミュレーション回数の削減の問題であり、これを改善するための手法の1つとして、超一様乱数列(L D S)を使用する準乱数モンテカルロ法が提案されている。L D Sには、例えばFaure列やSobol列があり、米国特許第5,940,810号ではSobol列、Halton列、Hammersley列などの使用が照会されている。

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、L D Sの使用は単変量の場合や比較的低次元の場合(上記米国特許では50次元以上となっている)では、少ない繰り返し計算で絶大な精度向

上の効果を奏するが、 $10^2$ を越える高次元で変動要素の数が増加すると性能が悪化してしまう。更に、高次元で変動要素間に相関がある問題、すなわち上記金融機関におけるリスク管理や経営のリソースの配分のためのV a Rの解析などの資産変動のシミュレーションでは、十分な性能が達成できない。

【0004】

本発明は、前記従来の問題点を克服し、少なくとも $10^2$ を越える次元数を有する高次元で変動要素が相関を有する資産変動に対して、収束性のよいシミュレーションを実現するシミュレーション方法及びそのシステム、該シミュレーションに使用される擬似乱数の生成方法を提供する。

【0005】

【課題を解決するための手段】

この課題を解決するために、本発明のシミュレーション方法は、少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするシミュレーション方法であって、資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を、コンピュータにより生成する擬似乱数生成ステップと、前記変動要素の少なくとも1次モーメントと2次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数をコンピュータにより調整する擬似乱数調整ステップと、前記調整された擬似乱数を前記資産の変動要素の値として、資産の変動をコンピュータによりシミュレートするシミュレーションステップとを有することを特徴とする。

【0006】

ここで、前記変動要素の一次モーメントである平均値は、資産収益率、又はマクロ経済要素の成長率、又は個別企業や債務者固有の業績見通しの期待成長率などを表わし、前記変動要素の二次モーメントである標準偏差値は、資産変動率、又はマクロ経済要素の変動率、又は個別企業や債務者固有の変動要因などを表わす。また、前記擬似乱数調整ステップでは、更に、3次モーメント以上の高次モーメントの少なくとも一部が入力データと一致するように、擬似乱数を調整する。また、前記擬似乱数調整ステップでのモーメントの一致はモーメントのキャン

セルを含む。また、前記擬似乱数調整ステップでの擬似乱数の調整は、対称変量法及び／又は2次サンプリング法を含む。また、前記シミュレーションがモンテカルロ法である。

【0007】

又、本発明のシミュレーションシステムは、少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするシミュレーションシステムであって、資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を生成する、コンピュータからなる擬似乱数生成手段と、前記変動要素の少なくとも1次モーメントと2次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数を調整する、コンピュータからなる擬似乱数調整手段と、前記調整された擬似乱数を前記資産の変動要素の値として、資産の変動をシミュレートする、コンピュータからなるシミュレーション手段とを有することを特徴とする。

【0008】

ここで、前記擬似乱数調整手段は、更に、3次モーメント以上の高次モーメントの少なくとも一部が入力データと一致するように、前記発生する擬似乱数を調整する。また、前記擬似乱数調整手段は、対称変量法及び／又は2次サンプリング法を含むモーメントマッチングを行う。また、前記シミュレーションがモンテカルロ法である。

【0009】

又、本発明の記憶媒体は、少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするプログラムをコンピュータ読出し可能に記憶する記憶媒体であって、資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を、コンピュータにより生成するための第1プログラムモジュールと、前記変動要素の少なくとも1次モーメントと2次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数をコンピュータにより調整するための第2プログラムモジュールと、前記調

整された擬似乱数を前記資産の変動要素の値として、資産の変動をコンピュータによりシミュレートするための第3プログラムモジュールとを有することを特徴とする。ここで、前記第2プログラムモジュールは、対称変量法及び／又は2次サンプリング法を行うプログラムを含む。また、前記シミュレーションがモンテカルロ法である。

## 【0010】

又、本発明の擬似乱数の生成方法は、少なくとも $10^2$ を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートするモンテカルロ法で使用する擬似乱数の生成方法であって、資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を、コンピュータにより生成する擬似乱数生成ステップと、前記変動要素の少なくとも1次モーメントと2次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数をコンピュータにより調整する擬似乱数調整ステップとを有することを特徴とする。ここで、前記擬似乱数調整ステップでは、更に、3次モーメント以上の高次モーメントの少なくとも一部が入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数を調整する。また、前記擬似乱数調整ステップでの擬似乱数の調整は、対称変量法及び／又は2次サンプリング法を含む。

## 【0011】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面に従って本発明の実施の形態を説明する。

## 【0012】

## ＜本実施の形態のシミュレーションの概要＞

まず、本実施の形態のシミュレーション方法の発明に至る経緯を説明する。

## 【0013】

モンテカルロシミュレーションの利用者にとって、悩みは計算量とシミュレーション誤差であった。原始的なモンテカルロ法（Crude Monte Carlo）の理論性能（＝計算誤差）は、シミュレーション回数を $n$ とする次式に支配されており、回数を増やしても容易に精度は向上しない。

【0014】

【数1】

$$O\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)$$

【0015】

そこで、1980年代末、まだ計算機が遅かった時代には超一様乱数列 (Low-Discrepancy Sequence: 以降、LDS) を使った準モンテカルロが、金融界でよく用いられた。規則性を持った数値列=LDS を使った準モンテカルロを用いれば、シミュレーション回数をn、次元数をdとして、理論性能は、

【0016】

【数2】

$$O\left(\frac{(\log n)^d}{n}\right)$$

となり、単変量または低次元における、特に期待値や分散を求める用途において大きな効果を発揮する。例えば単変量のオプションプライシングには少ない繰り返し計算で絶大な精度向上の効果があり、1980年代後半の低速なコンピュータでも十分に実用に供した。このため、MBS/ABSブームに乗って主要金融プレーヤーの間で流行した（大半はFaure列あるいはSobol列の改変版）。現在も実質的に効く次元数（あるいは主成分数）が比較的少ないと推測される市場VaRの分野で準乱数の利用事例が多数ある。前述の米国特許第5,940,810号はこの改善策の一例である。

【0017】

ところが、LDSを使用する限り高次元下においては次元数dが効き、著しく精度が劣化する。また、VaR計算では分布の期待値近傍ではなく分布のテールが重要であるのに対して、テールにおけるLDSの挙動はよく説明されておらず扱いづらい。モデルにより確率変数間の記述においてLDS間の系列相関が障害

となり、結果が意味をなさなくなる。

#### 【0018】

そこで、本実施の形態では、改良された超周期で均等分布性を有する擬似乱数を作成し、更にこの擬似乱数のモーメントを入力データ（資産の変動要素）のモーメントに一致させるように調整した「調整擬似乱数」を使用して、誤差の収束性を著しく向上させたシミュレーションを実現する。

#### 【0019】

＜本実施の形態のシミュレーションシステムの構成例＞

図1は、本実施の形態のシミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。尚、本実施の形態では、確率論的事象をシミュレートするモンテカルロ法を基に説明するが、擬似乱数を使用する他のシミュレーション方法、特に繰り返し演算による収束を目指すシミュレーション方法に適用が可能である。

#### 【0020】

（擬似乱数生成部10）

図中、10は擬似乱数生成部であり、超長周期で、高次元均等分布性を持つ擬似乱数生成アルゴリズムが好ましい。なぜなら、シミュレーション対象のモデルに要求される次元数増大とともに乱数周期を使い果たす危険があるからであり、特に、本例のモンテカルロシミュレーションは乱数を大量に消費する。例えば、典型的信用リスクモデルでは1企業に1個の乱数を割り当てる単純なモデルであっても、10,000回、50,000社のシミュレーションを行えば $5 \times 10^8$ 個の乱数が必要となる。この数は、C言語標準のrand関数（線形合同法）の乱数周期に匹敵するものである。モンテカルロシミュレーションを安全に行うには必要な乱数個数の3乗以上の乱数周期が必要との経験則に従えば、大半の乱数生成法は不合格となってしまふ。加えて、限界リスク量のように条件付き確率分布の計算も必要であり、高次元における均等分布性能が重要となる。

#### 【0021】

そこで、本実施の形態では、擬似乱数Mersenne Twister（松本真、西村拓士）を使用する。Mersenne Twisterは乱数周期 $2^{19937} - 1$ という超長周期で、高次元均等分布性を持ちながら非常に高速なアル

ゴリズムである。

#### 【 0 0 2 2 】

(モーメントマッチング処理部 2 0)

2 0 は擬似乱数生成部 1 0 から発生された擬似乱数に対して調整を行う擬似乱数調整部、本例ではモーメントマッチング処理部である。モーメントマッチング処理部 2 0 においては、入力データのモーメント値記憶部 4 0 からの各モーメント値に基づいて、擬似乱数と入力データのモーメントを一致させるように、擬似乱数生成部 1 0 から発生された擬似乱数を調整して、調整された擬似乱数をシミュレーション実行部 3 0 に出力することによって、シミュレーション結果の誤差の所定値以下への収束を少ないシミュレーション回数で実現する。特に、シミュレーション実行部 3 0 がモンテカルロ法による高次元の確率論的事象である資産変動のシミュレーションを実行する場合に、有効である。

#### 【 0 0 2 3 】

(擬似乱数の調整例)

モーメントマッチング処理部 2 0 で実行される具体的な処理の例としては、対称変量法や、2 次サンプリング法などが使用される。

#### 【 0 0 2 4 】

対称変量法 (antithetic) では、正規乱数を 1 つ作った時に、符号を反転させてもう 1 つ乱数を作って 2 つの乱数を使用する。これにより、奇数次モーメント (平均、歪度、…) を全てゼロにすることが出来、顕著にシミュレーションの収束性が向上する。

#### 【 0 0 2 5 】

2 次サンプリング (quadratic resampling) 法では、まず必要な個数分の乱数を生成してから、乱数系列全体の統計量を計算し、実際の入力データの統計量との差分の補正を加える方法である。2 次サンプリングによれば、特に、上記対称変量法では除去できない 2 次モーメントの調整を行うことができる。すなわち、2 次サンプリング法では、各モーメントの入力データの各モーメントとの差分、例えば、1 次モーメントでは平均値の差分、2 次モーメントでは標準偏差の差分が無くなるように、乱数の各値をシフトさせる演算を行う。

## 【 0 0 2 6 】

本実施の形態では、この対称変量法と2次サンプリングとを組み合わせる使用、シミュレーション変数の多寡に関係なく、平均（1次モーメント）、標準偏差（2次モーメント）、歪度（skewness、3次モーメント）、及びより高次のモーメントを、入力データと一致させ得る。尚、対称変量法と2次サンプリングとを単独に実施することによっても、収束性改善の効果を得られる。

## 【 0 0 2 7 】

尚、上記説明では、擬似乱数のモーメントを入力データのモーメントに一致させるように説明したが、入力データが正規分布をするような資産の変動要素である場合は、擬似乱数のモーメントをキャンセルするように調整すればよく、シミュレーションの演算処理における高速化につながる。

## 【 0 0 2 8 】

ここで、上記平均（1次モーメント）は、資産変動のシミュレーションにおいては、例えば、資産収益率、又はマクロ経済要素の成長率、又は個別企業や債務者固有の業績見通しの期待成長率などを表わし、上記標準偏差（2次モーメント）は、資産変動率、又はマクロ経済要素の変動率、又は個別企業や債務者固有の変動要因などを表わすことになる。

## 【 0 0 2 9 】

例えば、図4の各モーメントを持つ入力データが有る場合に、対称変量法と2次サンプリングとを組み合わせると、多変量に対応する乱数から得た統計量は、100回の計算試行では図5に、10000回の計算試行では図6のようになり、多変量乱数の各モーメント、特に1次から3次のモーメントは入力データとほとんど等しくなり、このことは、少ない回数でシミュレーションの結果の誤差が急速に収束することを示している。

## 【 0 0 3 0 】

これを、モーメントマッチング処理を行わない場合は、100回の計算試行では図7のように、モーメントが入力データと大きく異なり、シミュレーション結果の誤差の収束が実現しないので、多変量になればなるほどシミュレーションの回数が膨大となり、実用化が無理となる。



## 【 0 0 3 1 】

( シミュレーション実行部 3 0 )

3 0 はシミュレーション実行部であり、一般に金融機関におけるリスク管理や経営のリソースの配分のための V a R の解析などのシミュレーションは、多変量（変動要素）であり変量間の相関関係があるため高次元のマトリックスとなり、シミュレーション実行部 3 0 はこの高次元のマトリックスの解を求めるものである。例えばモンテカルロ法において、モーメントマッチング処理部 2 0 から出力される調整された擬似乱数を変数としてシミュレートし、近似解を求める。尚、シミュレーション自体の具体例は、本願の主旨ではないので、ここでは詳細には説明しない。

## 【 0 0 3 2 】

図 8 及び図 9 に、シミュレーション回数を 1 0 回から 1 , 0 0 0 , 0 0 0 回まで変化させた時の 1 次から 4 次までの各モーメントの変化を、原始的なモンテカルロ法（図 8）と、対象変量法と 2 次サンプリング法併用によるモーメントマッチングの結果（図 9）の両方について示す。一見してわかる通り、モーメントマッチング処理された擬似乱数を使用したモンテカルロシミュレーションの収束の効果は、特に 1 次から 3 次のモーメントで劇的なものである。

## 【 0 0 3 3 】

( 入力データのモーメント値記憶部 4 0 )

4 0 は入力データのモーメント値記憶部であり、本システムで実行するシミュレーションの入力データのモーメント値をモーメントマッチング処理部 2 0 に提供する。入力データのモーメント値は、1 次から高次のものまであれば好ましいが、実際には少なくとも 1 次と 2 次、通常は 1 次から 4 次の値があればよい。これらの値は、入力データの累積から予め計算されているのが望ましい。

## 【 0 0 3 4 】

尚、入力データがほぼ正規分布に類似する分布をすると仮定できるものであれば、1 次と 2 次モーメントは一意に定まり、3 次モーメント以上は零である。従って、この場合には、モーメントマッチング処理部 2 0 では擬似乱数のモーメントのキャンセルを実行することになる。

## 【 0 0 3 5 】

＜本実施の形態のシステムを実現するハードウェア構成例＞

図 2 は、本実施の形態のシステムを実現するハードウェア構成例である。

## 【 0 0 3 6 】

2 1 は演算・制御用の CPU、2 2 は CPU 2 1 の実行する固定プログラムや固定パラメータをする ROM、2 3 は CPU 2 1 の処理プログラムやデータの一時記憶に使用される RAM であり、本例では、擬似乱数生成プログラムモジュールと、モーメントマッチング・プログラムモジュールと、シミュレーション・プログラムモジュールとを記憶するプログラム領域 2 3 a と、シミュレーション・マトリックス記憶部などを有するデータ領域 2 3 b とを有している。尚、プログラムは、フロッピーや CD-ROM などの外部記憶部 2 4 から RAM 2 3 に読み込まれて実行されるようにしてもよい。

## 【 0 0 3 7 】

2 4 は、例えばハードディスクやフロッピーディスクなどの磁気ディスク、CD-ROM、CD-RW や DVD などの光ディスクや、メモリカードなどの外部記憶部であり、シミュレーションで使用される各データ、本例では入力データや入力データのモーメント値などをデータベース 2 4 a として記憶し、また、RAM 2 3 にダウンロードされて実行されるプログラムをプログラム領域 2 4 b に記憶している。2 5 は入力インターフェースであり、ポインティングデバイスであるマウス 2 5 a やデータ入力用のキーボード 2 1 5 b からの入力を、システムにインターフェースする。2 6 は出力インターフェースであり、システムから表示部 2 6 a へのデータ表示やプリンタ 2 6 b へのプリントのためにインターフェースする。

## 【 0 0 3 8 】

尚、図 2 の例は汎用のパーソナルコンピュータで、本実施の形態のシステムを構成した例を示したが、本システムで実行するシミュレーションは高次元でありながら、少なくとも数千回の繰り返し演算を実時間で処理することが望まれるものであり、専用のコンピュータシステムを構成するのが好ましい。例えば、複数のコンピュータを並列に接続して、並列処理を行うものや、1 つのコンピュータ

に複数のCPUを設けて並列処理を行うものが考えられる。

【0039】

＜本実施の形態のシステムのソフトウェア処理例＞

図3は、本実施の形態のシステムのソフトウェア処理例の概略を示す図である。

【0040】

まず、ステップS31では、本システムで実行するシミュレーション回数を設定する。このシミュレーション回数は、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要な回数であり、通常、10000回以上が必要である。ステップS32で、擬似乱数発生モジュールにより、設定されたシミュレーション回数と資産の変動要素の次元数とに基づく長さの擬似乱数が生成される。次に、ステップS33で、発生された擬似乱数に対してモーメントマッチング処理が行われる。本例では、例えば対称変量法と2次サンプリングとの両方が実行されて、1次から3次までの各モーメントが入力データのモーメントとマッチングされる。ステップS34では、モーメントマッチングで調整された擬似乱数を資産の変動要素の値として使って、シミュレーションが実行される。ステップS35では、シミュレーション結果から資産変動を評価し、例えば資産リスクなどを更に演算して、表示部26a又はプリンタ26bに出力する。あるいは通信によりユーザに送信してもよい。

【0041】

尚、上記システムの構成例の説明でも述べたが、実際には、ステップはシリアルに行われるよりも、並列処理が可能ないようにモジュールを分割して、複数のCPUあるいは複数のコンピュータが並列処理を行うものであればより好ましい。

＜本実施の形態の調整された擬似乱数によるシミュレーション例＞

図10に、本実施の形態のシステムで金融のリスク管理のためのシミュレーションを行った結果を示す。

【0042】

図10は、X軸を貸出残高、Y軸を限界信用リスク量、Z軸を収益スプレッドとして、シミュレーションの結果を三次元表示したものであり、上記のような本

実施の形態のシステムによれば、従来 1 0 時間を越える時間を必要としたものが 2 時間で所望の誤差内に収束した。

【 0 0 4 3 】

尚、本実施の形態で示した、擬似乱数の発生方法や、モーメントマッチング法や、シミュレーション法は、1 つの例であって、本発明に従えば、他の擬似乱数の発生方法や、モーメントマッチング法や、シミュレーション法においても、同様の効果が得られ、これらも本発明の範囲内である。

【 0 0 4 4 】

【発明の効果】

本発明により、少なくとも  $10^2$  を越える次元数の変動要素を有する資産の変動に対して、収束性のよいシミュレーションを実現するシミュレーション方法及びそのシステム、該シミュレーションに使用される擬似乱数の生成方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施の形態のシミュレーションシステムのブロック構成図である。

【図 2】

本実施の形態のシステムを実現するハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【図 3】

本実施の形態のシステムのシミュレーションの処理例を示すフローチャートである。

【図 4】

本実施の形態のモーメントマッチングの効果を示す図である。

【図 5】

本実施の形態のモーメントマッチングの効果を示す図である。

【図 6】

本実施の形態のモーメントマッチングの効果を示す図である。

【図 7】

本実施の形態のモーメントマッチングの効果を示す図である。

【図 8】

従来のモンテカルロ法におけるモーメントの収束例を示す図である。

【図 9】

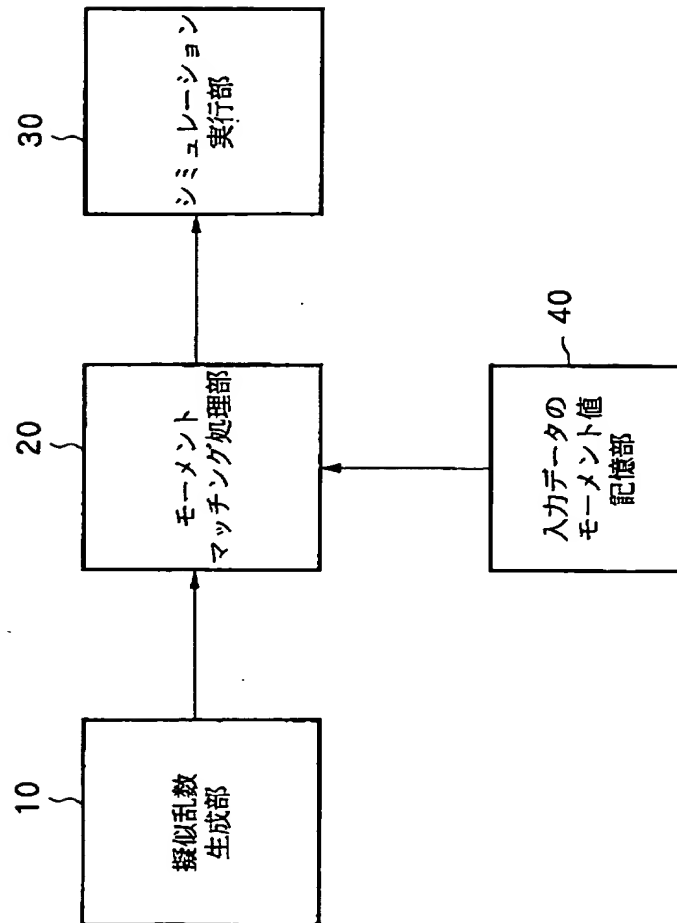
本実施の形態のモンテカルロ法におけるモーメントの収束例を示す図である。

【図 1 0】

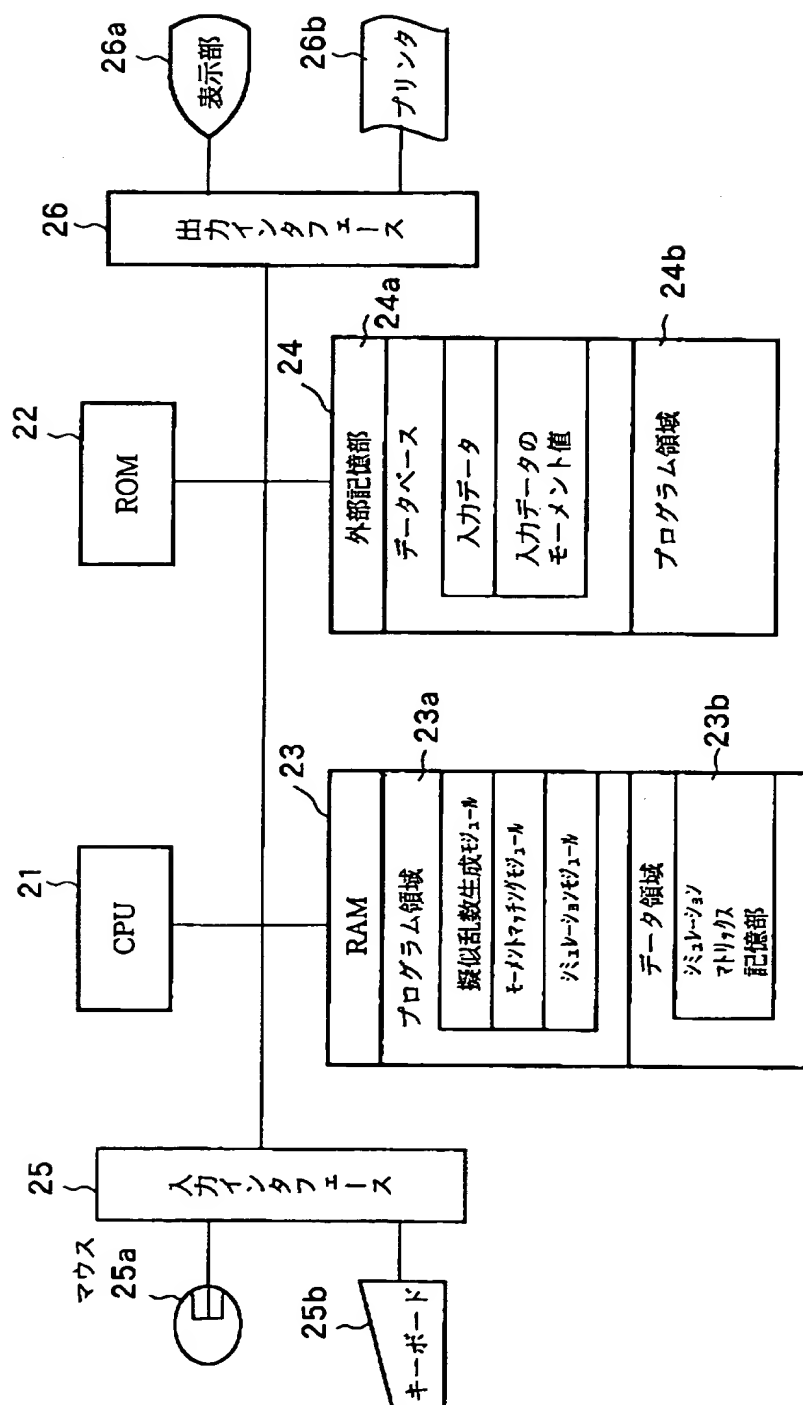
本実施の形態のモンテカルロシミュレーションを適用した例を示す図である。

【書類名】 図面

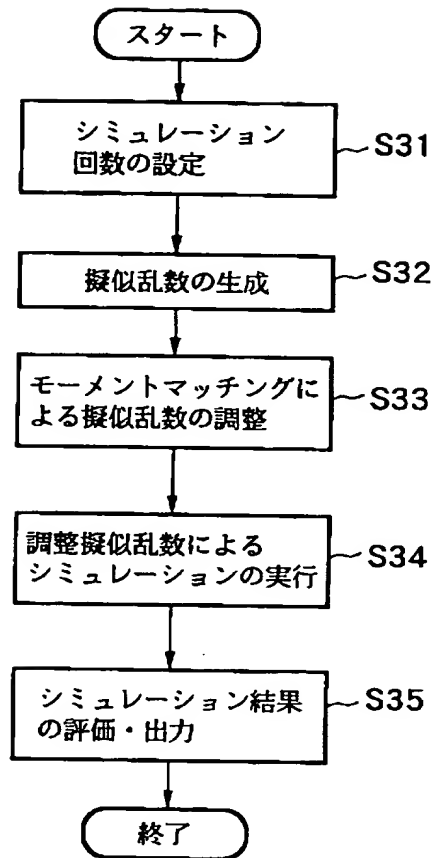
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

	系列1	系列2	系列3
1次モーメント(平均)	0.01000	0.02000	0.03000
2次モーメント (標準偏差)	0.29833	0.24083	0.21213
3次モーメント(歪度)	0.00000	0.00000	0.00000
4次モーメント(尖度)	0.00000	0.00000	0.00000
⋮	⋮	⋮	⋮



【図 5】

	系列1	系列2	系列3
1次モーメント	0.01000	0.02000	0.03000
2次モーメント	0.29833	0.24083	0.21213
3次モーメント	0.00000	0.00000	0.00000
4次モーメント	- 0.73001	01.19494	0.15166
⋮	⋮	⋮	⋮

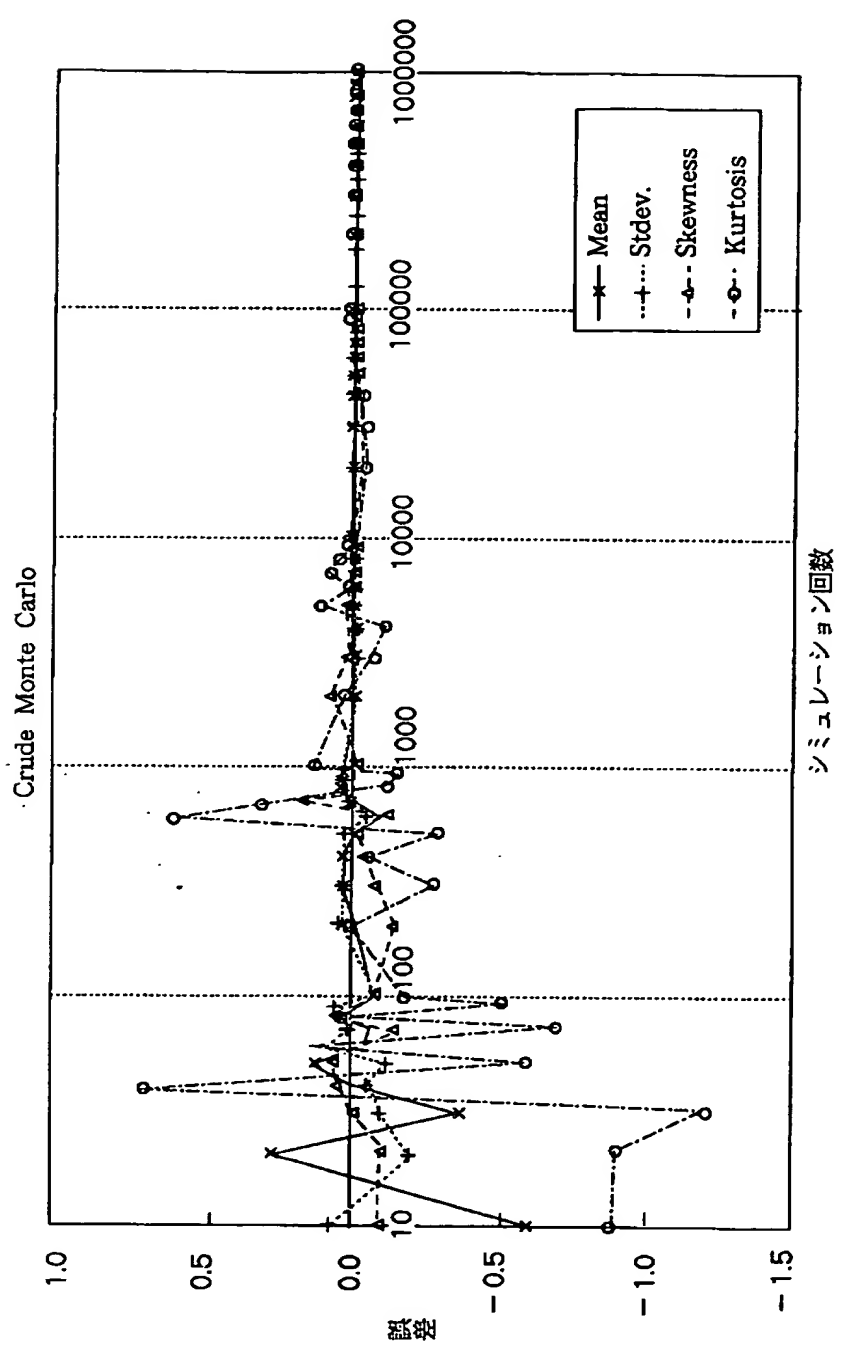
【図 6】

	系列1	系列2	系列3
1次モーメント	0.01000	0.02000	0.03000
2次モーメント	0.29833	0.24083	0.21213
3次モーメント	0.00000	0.00000	0.00000
4次モーメント	- 0.03744	0.11285	0.00159
⋮	⋮	⋮	⋮

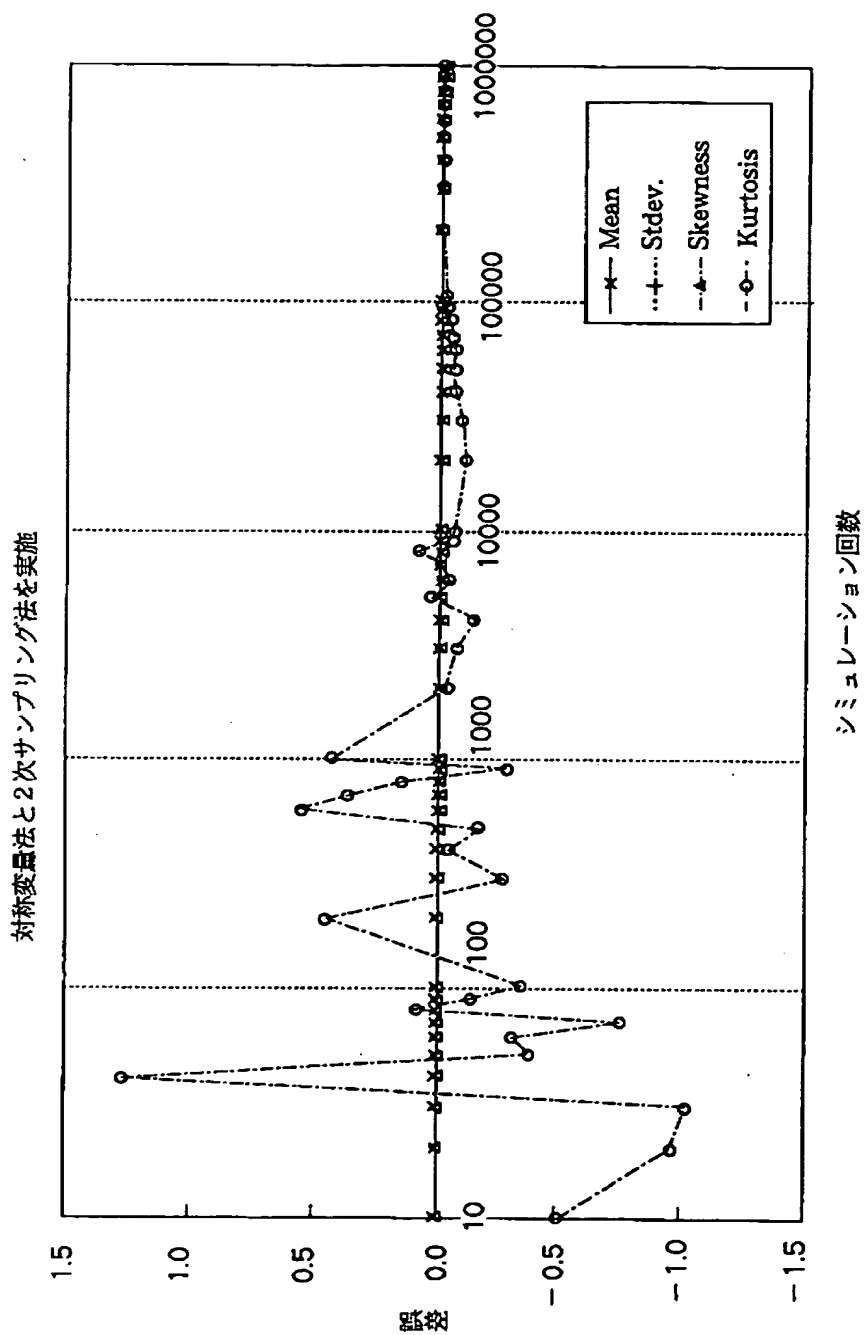
【図 7】

	系列1	系列2	系列3
1次モーメント	0.05210	0.02710	0.03757
2次モーメント	0.29159	0.22908	0.19863
3次モーメント	- 0.06096	0.39699	0.41137
4次モーメント	- 0.30666	0.17643	0.55905
⋮	⋮	⋮	⋮

【図 8】

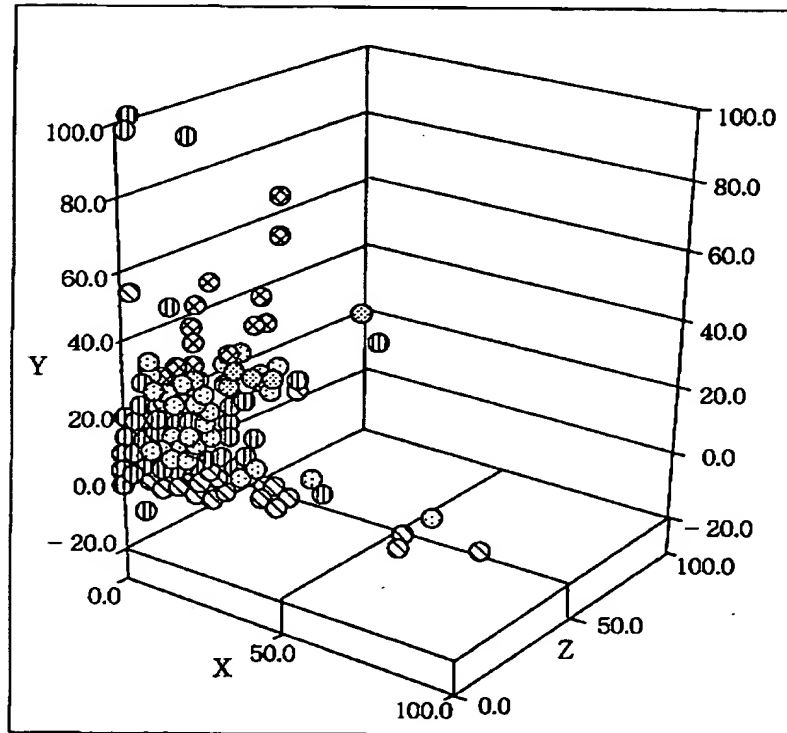


【図 9】



【図 1 0】

X 軸 = 貸出残高, Y 軸 = 限界信用リスク量, Z 軸 = 収益スプレッド  
 チャート上の各ドットからのドリルダウンが可能



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 少なくとも  $10^2$  を越える次元数を有する高次元で変動要素が相関を有する資産変動に対して、収束性のよいシミュレーションを実現するシミュレーション方法及びそのシステム、該シミュレーションに使用される擬似乱数の生成方法を提供する。

【解決手段】 少なくとも  $10^2$  を越える次元数の変動要素を有する資産の変動をシミュレートする場合に、資産の変動要素の次元数と、シミュレーション結果の所定誤差内への収束に必要なシミュレーション回数との積を越える周期を有し、前記変動要素の各々で均等分布性を有するような擬似乱数を、コンピュータにより生成し S 3 2、変動要素の少なくとも一次モーメントと二次モーメントとが入力データと一致するように、前記発生された擬似乱数をコンピュータにより調整し S 3 3、調整された擬似乱数を前記資産の変動要素の値として、資産の変動をコンピュータによりシミュレートする S 3 4。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 1 9 9 2 7 5
受付番号	5 0 0 0 0 8 2 7 1 9 1
書類名	特許願
担当官	風戸 勝利 9 0 8 3
作成日	平成 1 2 年 7 月 7 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	399070859
【住所又は居所】	東京都文京区本郷 3 - 4 2 - 5 ボア本郷 4 階
【氏名又は名称】	ニューメリカルテクノロジー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100076428
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	大塚 康德

【選任した代理人】

【識別番号】	100101306
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	丸山 幸雄

【選任した代理人】

【識別番号】	100115071
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	大塚 康弘

特2000-199275

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [399070859]

1. 変更年月日 1999年 9月 1日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都文京区本郷3-42-5 ボア本郷4階

氏 名 ニューメリカルテクノロジーズ株式会社